تأثير الإلقاح الداخلي لنباتات البندورة/الطماطم بعزلتين محليتين من الفطر *Beauveria bassiana* بطرائق مختلفة في السيطرة على يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) وانعكاس ذلك على نمو النباتات

أمل حاج حسن[1,2*]، محمد أحمد[1]، عمر حمودي[2] وماجدة مفلح[2]

(1) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية؛ (2) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: amal.haj@gmail.com

الملخص

حاج حسن، أمل، محمد أحمد،عمر حمودي وماجدة مفلح. 2025. تأثير الإلقاح الداخلي لنباتات البندورة/الطماطم بعزلتين محليتين من الفطر *Beauveria bassiana* بطرائق مختلفة في السيطرة على يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) وانعكاس ذلك على نمو النباتات. مجلة وقاية النبات العربية، 43(4):506–516. https://doi.org/10.22268/AJPP-001350

أجري هذا البحث لدراسة الاستعمار الداخلي لنباتات البندورة/الطماطم بعزلتين محليتين من الفطر الممرض للحشرات *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin: b8 المعزولة من عذراء حشرة سوسة النخيل و b10 المعزولة من تربة بستان حمضيات في محافظة اللاذقية، سورية، وأثر ذلك في السيطرة على حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta* Meyrick)، وانعكاسه على نمو نبات البندورة/الطماطم. تمّ استخدام ثلاث تقنيات مختلفة للإلقاح، وهي: رشّ المجموع الخضري، حقن الساق وغمس الجذور؛ وتمّ تقييم نمو الفطور خلال ثلاث فترات زمنية 15، 30 و 45 يوماً بعد الإلقاح. بينت النتائج قدرة عزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10) على استعمار أوراق وسوق وجذور نباتات البندورة/الطماطم داخلياً باستخدام طرائق الإلقاح الثلاثة، إلا أن النسبة المئوية لاستعمار أنسجة البندورة/الطماطم قد تباينت باختلاف طريقة الإلقاح والمدة الزمنية بعد الإلقاح واختلاف العزلة الفطرية، فقد سجّلت أعلى نسبة استعمار (100%) في طريقة الرشّ الورقي بعد 15 يوماً من الإلقاح لدى العزلة b8، و 85.19% بعد 30 يوماً من الإلقاح لدى العزلة b10 بطريقة حقن الساق، و 92.59% بعد 30 يوماً من الإلقاح ولذات العزلة بطريقة غمس الجذور، وجميعها على الأوراق، حيث كانت الأوراق هي الجزء الأكثر استعماراً خلال التقييم (بعد 15، 30 و 45 يوماً من الإلقاح) وبالطرائق الثلاثة. أدّت عملية إلقاح نباتات البندورة/الطماطم بعزلات الفطر *B. bassiana* (b8 و b10) إلى زيادة في طول النبات، وكذلك في الوزن الرطب والجاف مقارنة مع نباتات الشاهد. كما أظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً لنسب موت يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم نتيجة تغذيتها على أوراق ملقحة بعزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10)، وبطرائق الإلقاح الثلاثة، حيث أحدثت العزلة b8 موتاً بنسبة 96.67%، والعزلة b10 بنسبة 90% بعد ثمانية أيام من التعرض لها بطريقة الرش الورقي، وكانت نسب الموت أقل نسبياً بطريقة حقن الساق وغمس الجذور، والتي سجلت 70% لكلّ منهما للعزلة b8، 56.67 و 53.33% للعزلة b10، على التوالي.

كلمات مفتاحية: الاستعمار الداخلي للنبات، *Tuta absoluta*، الفطور الممرضة للحشرات، *Beauveria bassiana*.

المقدمة

تزداد أهمية المكافحة الحيوية يوماً بعد يوم لكونها تتماشى مع الطلب المتزايد على تدابير أكثر استدامة لمكافحة الآفات المدفوعة بالمستويات العالية من مقدرة هذه الآفات على تطوير صفة المقاومة للمبيدات الكيميائية، إضافة إلى المخاوف المتعلقة بسلامة الإنسان والبيئية (Bacci *et al*. 2019؛ Colmenárez *et al*., 2022؛ Pandey *et al*., 2023؛ Silva *et al*. 2011). يعدّ استخدام الفطور الممرضة للحشرات أحد العناصر الرئيسية في المكافحة الحيوية، وهي بديل واعد لحماية المحاصيل من الآفات المختلفة (Charnley & Collins, 2007; Maina *et al*. 2018). يتم نشر الفطور الممرضة للحشرات بواسطة تقنيات الرش التقليدية التي تهدف إلى التسبب في الموت عن طريق الاتصال المباشر للقاح الفطري بالمضيف، أو بشكل غير مباشر عند تلامس الحشرة مع اللقاح على سطح النبات. عادةً ما تحدث الإصابة الفطرية للحشرة عن طريق اختراق الكيوتيكل، يليه الانتشار في الهيمولمف واستعمار أنسجة العائل لاحقًا، مما يؤدي أخيراً إلى الموت (Charnley, 1984). من المهم جداً عند اعتماد طريقة المكافحة الميكروبية، ليس فقط فهم حياتية/بيولوجيا الحشرة المستهدفة ولكن أيضاً فهم حياتية وبيئة عامل المكافحة الميكروبية. إنّ الفطور الممرضة للحشرات كائنات حية وبالتالي تتطلب إجراءات تخزين وتطبيق أكثر صرامة من المبيدات الحشرية الاصطناعية، ويمكن أن تتأثر كفاءتها بشكل كبير نتيجة تعرضها للعوامل الحيوية وغير الحيوية المختلفة. إذ أن تعرض هذه الممرضات لمستويات

https://doi.org/10.22268/AJPP-001350
© 2025 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

عالية من الأشعة فوق البنفسجية، أو الرطوبة النسبية المنخفضة، أو درجات الحرارة غير المواتية (أقل من 20°س أو أعلى من 35°س)، يمكن أن يقلل بشكل كبير من قدرتها الإمراضية (Lindow, 2006; Saunders *et al*. 2010). ومن الطرائق الحديثة لحماية الفطور الممرضة للحشرات من الظروف المعاكسة يأتي إدخالها ضمن النباتات كمستعمرات داخلية والذي يعد نهجاً مثيراً للاهتمام وواعداً (Vega, 2018; Branine *et al*., 2019)، وبخاصةٍ عند مكافحة الحشرات المتوارية ضمن أنسجة النبات والتي تصعب السيطرة عليها بالطرائق التقليدية، وتعدّ حفارات الأوراق والساق أمثلة على هذه الآفات (Guedes *et al*. 2019).

تعاني زراعة البندورة/الطماطم في جميع أنحاء العالم من خسائر فادحة بسبب تعرضها للعديد من الآفات، مما يقلل من جودة الثمار. وتعدّ حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta* Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) واحدةً من الآفات الحشرية الرئيسة على البندورة/الطماطم (*Solanum lycopersicum*). إن يرقات هذه الحشرة هي حافرات تدمر الأوراق والسوق والبراعم الطرفية (Biondi *et al*., 2018)، وإنّ سلوك التغذية بالحفر ضمن الأوراق يجعل من الصعب جداً السيطرة على هذه الآفة، ولقد كانت النتيجة سلبية حتى عند استخدام المبيدات الحشرية الجهازية مما دفع إلى الاستخدام المكثف للمبيدات، وهذا بدوره تسبب في ارتفاع نسب أثرها المتبقي في الثمار والتسمم البيئي ومشاكل في صحة الإنسان (Guedes *et al*. 2019).

تمتلك العديد من أنواع الفطور الممرضة للحشرات من الفطور الأسكية (Ascomycota) وبخاصة الجنس Beauveria قدرة عالية في السيطرة على حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*Tuta absoluta*) (أحمد وآخرون، 2023؛ العيسى وآخرون، 2017؛ Aynalem *et al*., 2021؛ Karaca *et al*., 2022؛ Rodríguez *et al*., 2006) ويمكن لهذه الفطور أن تكون ارتباطات تكافلية مع النباتات كفطور داخلية (Endophytes)، حيث تعيش في أنسجة النبات دون التسبب بأي أثار جانبية سلبية له من خلال الاستعمار الداخلي للنبات (Bamisile *et al*., 2018؛ Vega, 2018)، ولقد سجلت هذه الظاهرة (Endophyte) لدى العديد من الفطور الممرضة للحشرات بخاصة لدى الفطر *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil (Ascomycota: Hypocreals)، كما لوحظ أن وجود هذه الفطور داخل النباتات يحسّن نموها، ويعزز إنتاجيتها، ويؤثر سلباً على الآفات الضارة التي تصيب هذه النباتات (Jaber & Araj, 2018؛ Rasool *et al*., 2021؛ Sánchez-Rodríguez *et al*., 2018؛ Tall & Meyling, 2018). وكشفت الأدلة على أن وجود الفطور الممرضة للحشرات الداخلية تجعل النباتات أكثر مقاومة للإجهاد الناتج عن العوامل الحيوية أو غير الحيوية، وتعزز امتصاص المغذيات النباتية، وتحفز الهرمونات، وبالتالي تسهم في نمو النبات (Sánchez-Rodríguez *et al*., 2018؛ Sasan & Bidochka, 2012؛ Ownley *et al*., 2010). وباعتبار أن الأبحاث المتعلقة بدراسة تأثير الاستعمار الداخلي للفطور الممرضة للحشرات على النباتات والآفات قليلةٌ في سوريةً، حيث أجريت على نباتات البطاطا/البطاطس وفراشة درنات البطاطا/البطاطس (السعود وآخرون، 2018)، وعلى نباتات الخيار (Rajab *et al*., 2020).

أجري هذا البحث لدراسة مقدرة العزلتين المحليتين (b8 و b10) من الفطر الممرض للحشرات *B. bassiana* على الاستعمار الداخلي لنباتات البندورة/الطماطم باستخدام عدة طرائق إلقاح (رشّ الأوراق، حقن الساق وغمس الجذور)، وتأثير ذلك في نمو نباتات البندورة/الطماطم والسيطرة على يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*T. absoluta*).

مواد البحث وطرائقه

عزلات الفطر *Beauveria bassiana*

استخدمت العزلتان b8 و b10 للفطر *B. bassiana* (جدول 1) المعزولتان خلال عامي 2018 و 2019 بطريقة Galleria Bait Method الموصوفة من قبل Zimmermann (1986)، واللتان تمّ تعريفها بناءً على مظهر الإصابة على اليرقات ثم على المواصفات الشكلية للمستعمرات الفطرية وعلى شكل وحجم وأبعاد الأبواغ من خلال الفحص الميكروسكوبي وباعتماد المفاتيح التصنيفية (Humber, 2012؛ Poinar & Thomas, 1984؛ Samson, 1981). وقد أظهرت كلتا العزلتين قدرتهما الإمراضية المرتفعة لكافة أطوار حافرة أوراق البندورة/الطماطم (بيض، برقات وبالغات) مختبرياً في دراسة سابقة (أحمد وآخرون، 2023).

جدول 1. مصدر عزلات الفطر *Beauveria bassiana* المستخدمة في البحث.

Table 1. Source of isolates of *Beauveria bassiana* used in this study.

رمز العزلة Isolate code	مصدر العزلة Source of isolates	المنطقة Location	الاحداثيات الجغرافية Geographical coordinates	تاريخ العزل Isolation date
b8	عذراء سوسة النخيل Palm weevil pupa	اللاذقية مدينة النخيل Latakia Palm city	35º31'N 35º 47'E	2018/11/19
b10	تربة (بستان زيتون) Olive soil	منجيلا Manjila	35º32'53"N 35º55'8"E	2019/3/12

تحضير المعلق البوغي

تمت زراعة عزلات الفطر المراد اختبارها في أطباق بتري 9 سم تحوي مستنبت البطاطا–دكستروز–آجار (PDA)، حيث زرعت خمسة أطباق من كل عزلة فطرية مراد اختبارها، ثم حضنت الأطباق في الظلام عند حرارة 25±2°س لمدة 10 أيام حتى تمام التبوّغ. حصدت الأبواغ بإضافة 10 مل من الماء المقطر المعقم المضاف إليه محلول توين 80 (0.05%) في كل طبق، وتمّ ترشيح المعلق البوغي عبر طبقتين من ورق الترشيح العادي المعقم. حُسب تركيز المعلق البوغي باستخدام شريحة ميكرومترية، وعُدّل المعلق البوغي بإضافة ماء معقم مضافاً له محلول توين 80 (0.05%)، للوصول إلى التركيز المطلوب وهو 10^8 بوغة/مل (Lacey, 2012).

قُدّرت نسبة إنبات الأبواغ من خلال إلقاح طبقي بتري بقطرة من المعلق البوغي لكل عزلة، ثم حُضنت الأطباق عند حرارة 25±2°س لمدة 24 ساعة، ثُم فحصت حوالي 200 بوغة كونيدية على الأقل من كل طبق، وعُدَّت البوغة منتشة إذا تجاوز طول أنبوبة الإنبات نصف طول البوغة.

نباتات التجربة

استخدم في التجربة بذار بندورة/طماطم صنف "Mandaloun F1" (Westfrisian, The Netherlands). عقمت البذور سطحياً قبل التجربة باستخدام محلول الايثانول 70% لمدة 5 دقائق ومن ثم شطفت بالماء المعقم 5 مرات، وللتأكد من جودة التعقيم وخلو البذور من الفطر المدروس، أخذت 15 بذرة عشوائياً وزرعت على مستنبت PDA في ثلاثة أطباق بتري (9 سم) بمعدل 5 بذور في الطبق الواحد وحضنت عند حرارة 25±2°س. زرعت البذور المتبقية في أكواب بلاستيكية (قطر 15 سم) على عمق 0.5 سم تقريباً، وتمت الزراعة في خلطة ترابية مكونة من مزيج رمل + تربة + تورب (1: 1: 1) المعقمة في الأتوكلاف لمدة ساعة لثلاث مرات قبل بضعة أيام من استخدامها، ووضعت الأكواب في المختبر عند حرارة 25±2°س لحين الإنبات، ثم نقلت إلى النفق البلاستيكي المعد لتنفيذ التجربة.

تقنيات الإلقاح

لقحت نباتات البندورة/الطماطم المزروعة سابقاً بعد تشكيلها 3 أوراق حقيقية بالمعلق البوغي لعزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10) بتركيز 1×10^8 بوغة/مل باستخدام ثلاثة طرائق:

الرشّ الورقي– رشّت النباتات بمرشة يدوية صغيرة معقمة سعة 1 ليتر تحوي المعلق البوغي لعزلتي الفطر المدروستين كلٌّ على حدة على سطحي النبات العلوي والسفلي حتى بدء التنقيط، أما نباتات الشاهد فقد رشّت بالماء المعقم مضافاً إليه 2% محلول توين 80، وأجري الرش ضمن أكياس نايلون كبيرة لتجنب التداخل بين المعاملات، وغطي سطح التربة بورق الألمنيوم لمنع وصول محلول الرش إلى التربة.

غمس الجذور– نزعت جذور النباتات بهدوء من التربة وغسلت جيداً وجففت وقلمت بمقص معقم، بعد ذلك غمست في المعلق البوغي لعزلتي الفطر لمدة 24 ساعة، أما نباتات الشاهد فوضعت في ماء معقم يحوي 2% محلول توين 80، وفي اليوم التالي أعيدت زراعة كافة النباتات في الأكواب من جديد.

حقن الساق– أجريت عملية حقن ساق النباتات باستخدام محقن طبي سعة 1 مل، حيث حقنت ساق كل نبات من نباتات المعاملات، في المنطقة فوق سطح التربة وتحت الورقة الحقيقية الأولى بحوالي 150–200 ميكروليتر من المعلق البوغي لعزلتي الفطر، وحقنت نباتات الشاهد بالماء المعقم الحاوي 2% توين 80. كررت كل معاملة ثلاث مرات وضمّ كل مكرر 10 نباتات، وزعت ضمن قطاعات عشوائية كاملة. أجريت عمليات الخدمة والسقاية بالماء فقط بشكل دوري، دون إضافة أي أسمدة أو مواد كيميائية خلال فترة التجربة (Klieber & Reineke, 2016؛ Posada *et al*., 2007).

حشرات الاختبار

جمعت أوراق بندورة/طماطم مصابة بالحافرة من بيوت محمية مزروعة بالبندورة/الطماطم لتربية حشرة حافرة أنفاق البندورة/الطماطم من مناطق جبلة وبانياس، ونقلت إلى أقفاص تحوي نباتات بندورة/طماطم مزروعة في أصص بلاستيكية سعة 4 ليتر، وبعد تكاثرها والتأكد من خلو المستعمرات من الإصابة بأي عدو حيوي أو ممرضات حشرية، نقلت فراشات الجيل الجديد إلى نفق بلاستيكي مزروع بالبندورة/الطماطم ومعدّ لتربية الحشرة وتركت للتكاثر على نباتات البندورة/الطماطم. بعد انتشار العدوى بنسبة تجاوزت 95% على النباتات المزروعة، جمعت الأوراق والأفرع المصابة بالحشرة في أكياس من البولي ايتيلين، ونقلت إلى مختبر الحشرات الاقتصادية في مركز البحوث العلمية باللاذقية، ثم وضعت في علب بلاستيكية (25×15×10 سم) مزودة بغطاء يحوي فتحة من الموسيلين الناعم، ووضعت في الحاضنة عند درجة حرارة 25±2°س لإجبار اليرقات على الخروج من الأنفاق عند جفاف الأوراق والأفرع ، ثم جمعها باستخدام فرشاة ناعمة من شعر الجمل. وتمّ فصل الأطوار اليرقية حسب طول اليرقة حوالي 1.6، 2.8، 4.7 و 7.7 مم للعمر الأول والثاني والثالث والرابع، على التوالي (Nayana *et al*., 2015).

تقييم الاستعمار الداخلي للفطر في نباتات البندورة/الطماطم

تم الكشف عن الاستعمار الداخلي لعزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10) في شتول البندورة/الطماطم بعد 15، 30 و 45 يوماً من الإلقاح، وفي كل تاريخ للتقييم، تمّ اقتلاع 5 نباتات من كل معاملة عشوائياً، ثم غسلها جيداً بماء الصنبور الجاري، وأخذ من كل نبات 3 وريقات و 3 قطع من الساق بطول 5 سم تقريباً للقطعة، وكذلك 3 قطع من الجذور بطول 5 سم، وغسلت بالماء العادي وعقمت سطحياً بغمسها بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم 2.5% لثلاث دقائق، ثم بالكحول الإيتيلي 70% لدقيقتين، وغسلت بالماء المعقم ثلاث مرات لمدة دقيقتين كل مرة، ووضعت على ورق نشاف معقم عادي في غرفة العزل حوالي نصف ساعة لتجف. أخذ 3 مل من ماء الغسيل النهائي ووزعت على 3 أطباق بتري تحوي مستنبت PDA 1 مل/طبق، وحضنت لمدة أسبوعين للتأكد من فاعلية عملية التعقيم بحال لم يتشكل لدينا أي نمو فطري. أما الأجزاء النباتية المعقمة (أوراق، سوق وجذور) فتمّ قص حوافها بعد جفافها بمقص معقم لاستبعاد الأنسجة الميتة جراء عملية التعقيم، ثم قطعت عشوائياً إلى قطع صغيرة (4–5 مم تقريباً) باستخدام مشرط معقم، ووضعت 9 قطع من كل جزء نباتي في أطباق بتري (9 سم)، تحوي مستنبت PDA بواقع ثلاثة مكررات من كل جزء(جذر/ساق/ورقة)، ثم وضعت في الحاضنة في الظلام عند حرارة 25±2°س لمدة أسبوعين (Allegrucci *et al*., 2017؛ Parsa *et al*., 2013)، وفحصت بانتظام لمراقبة نمو الفطر عليها. عند ظهور الفطر، تمّ نقله لطبق بتري جديد يحتوي على مستنبت PDA، وحضن لمتابعة نموه ودراسته شكلياً تحت المجهر الضوئي للتأكد من أنه الفطر المدروس. بعد ذلك تم حساب استعمار الأجزاء المختلفة للنبات (جذر، ساق، ورقة) بالعزلتين المدروستين (b10 و b8) على النحو التالي (Petrini & Fisher, 1986):

$$\% \text{ للاستعمار} = \frac{\text{عدد القطع النباتية التي وجد عليها الفطر}}{\text{العدد الإجمالي للقطع النباتية}} \times 100$$

تقييم دور الاستعمار الداخلي لعزلتي الفطر *B. bassisna* على نمو نباتات البندورة/الطماطم

تمت دراسة تأثير الاستعمار الداخلي لكلا العزلتين (b10 و b8) في نمو البندورة/البندورة عن طريق حساب ارتفاع النبات والوزن الطري والوزن الجاف للنباتات المستعمرة بطرائق الإلقاح المختلفة. أخذت 5 نباتات عشوائياً من كل معاملة في نهاية التجربة وتم قياس طول النبات من سطح التربة إلى قمة النبات، ثم قلعت النباتات مع الجذور ونقلت إلى المختبر وحسب وزنها الرطب، ثم وضعت في أكياس ورقية ووضعت في الفرن الجاف عند حرارة 60°س، وبعد ثلاثة أيام حسب الوزن الجاف للنباتات (Canassa *et al*., 2019).

تأثير الإلقاح بعزلتي الفطر *B. bassisna* (b8 و b10) على يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم

تم وضع 1–2 ورقة من نباتات البندورة/الطماطم المستعمرة بكلتا العزلتين (b10 و b8) من الفطر *B. bassiana*، باستخدام طرائق الإلقاح الثلاثة، الموصوفة سابقاً، في أطباق بتري (9 سم) تحتوي على ورق ترشيح مرطب في أسفلها، وتم نقل 10 يرقات من حافرة أوراق البندورة/الطماطم بالعمر الثاني أو الثالث إليها، وتم حساب نسبة الموت كل يومين لمدة 8 أيام. خلال هذه المدّة، تمّ إضافة أوراق جديدة غير مستعمرة كل يومين للتغذية، أما في معاملة الشاهد تم إضافة أوراق من نباتات غير مستعمرة، ونقلت اليرقات الميتة في كل قراءة إلى أطباق بتري معقمة تحوي ورقة ترشيح مرطبة، ووضعت في الحاضنة لمتابعتها للتأكد أن الموت حدث بسبب الإصابة بالفطر *B. bassiana* (Silva *et al*., 2020)، وفي نهاية التجربة تم حساب نسبة موت اليرقات (%) على النحو التالي:

$$\text{نسبة الموت (\%)} = \frac{\text{عدد اليرقات الميتة}}{\text{عدد اليرقات الكلية}} \times 100$$

التحليل الإحصائي

حللت النتائج احصائياً باستخدام البرنامج الإحصائي CO-STAT 6.4، وتم استخدام تحليل التباين (ANOVA) لتقييم الاختلافات بين تقنيات الإلقاح ووقت وجود الفطر في أجزاء النبات المختلفة والتفاعل بين المتغيرين، واختبرت معنوية الفروق بين المتوسطات باختبار LSD عند مستوى احتمال 5%.

النتائج

الاستعمار الداخلي لعزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10) في نباتات البندورة/الطماطم

قيّمت نسب استعمار أجزاء نبات البندورة/الطماطم المختلفة (جذر، ساق وأوراق) بعزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10) تبعاً لتقنيات الإلقاح المستخدمة (رشّ الأوراق، حقن الساق وغمس الجذور) بعد 15، 30 و 45 يوماً من الإلقاح والتفاعل بين هذين العاملين. أظهرت النتائج فروقاً معنوية بين متوسط نسب استعمار أجزاء النبات بعد 15 يوماً من الإلقاح، حيث كانت نسب استعمار الأوراق والساق أعلى من الجذور لكلا العزلتين (b8 و b10)، في حين لم يسجل أي فروقات معنوية بين طرائق الإلقاح الثلاثة بعد 15 يوماً من الإلقاح لكلا العزلتين. وأظهر التفاعل بين تقنيات الإلقاح وأجزاء النبات المستعمرة اختلافات معنوية لدى العزلة b8، حيث سجلت أعلى نسبة استعمار على الأوراق 100% لدى العزلة b8، وكانت 81.48% لدى العزلة b10 وذلك في معاملة الرش على الأوراق ومعاملة حقن الساق اللتين سجلتا القيمة نفسها (جدول 2).

جدول 2. نسبة استعمار نباتات البندورة/الطماطم (%) الناتجة عن إلقاح الشتول بالعزلة b8 و b10 من الفطر *B. bassiana* بطرائق مختلفة، بعد 15، 30 و 45 يوماً من الإلقاح.

Table 2. Colonization rate (%) of tomato plants with b8 and b10 isolate of the fungus *B. bassiana* using different inoculation techniques 15, 30 and 45 days after inoculation.

Time period after treatment (days) المدّة الزمنية بعد المعاملة (يوم)									
Mean المتوسط		Leaf ورقة		Stem ساق		Root جذر			
B10	B8	B10	B8	B10	B8	B10	B8	Treatment	المعاملة
								15 days post inoculation	**بعد 15 يوم من المعاملة**
62.96 a	56.79 a	66.67	55.56	77.78	62.96	44.44	51.85	Root dipping	غمس جذور
61.73 a	70.37 a	66.67	74.07	59.26	81.48	59.26	55.56	Stem injection	حقن ساق
66.67 a	69.14 a	81.48	100.0	81.48	81.48	37.04	25.93	Foliar spraying	رش شتول
		71.61 a	76.54 A	72.84 a	75.31A	46.91 b	44.45 B	Mean	المتوسط
								30 days post inoculation	**بعد 30 يوم من المعاملة**
64.20 a	58.03 b	92.59	66.67	70.37	66.67	29.63	40.74	Root dipping	غمس جذور
59.26 a	67.90 ab	85.19	81.48	44.44	59.26	48.15	62.96	Stem injection	حقن ساق
72.84 a	77.80 a	96.30	96.30	77.78	85.19	44.44	51.90	Foliar spraying	رش شتول
		91.36 a	81.48 A	64.20 b	70.37 A	40.74 c	51.87 B	Mean	المتوسط
								45 days post inoculation	**بعد 45 يوم من المعاملة**
59.26 a	45.68 b	88.89	66.67	66.67	55.56	22.22	14.81	Root dipping	غمس جذور
66.67 a	69.14 a	81.48	85.19	62.96	62.96	55.56	59.26	Stem injection	حقن ساق
67.90 a	76.55 a	74.07	96.30	62.96	77.78	66.67	55.56	Foliar spraying	رش شتول
		81.48 a	82.72 A	64.20 b	65.43 B	48.15 c	43.21 C	Mean	المتوسط

القيم التي يتبعها نفس الأحرف الصغيرة في نفس العمود أو الأحرف الكبيرة في نفس الصف لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

Means followed by the same small letters in the same column are not significantly different at P=0.05.

بعد 30 يوماً من الإلقاح سجلت فروق معنوية كبيرة في متوسطات نسب استعمار أجزاء النبات المختلفة خاصة لدى العزلة b10، حيث تفوق استعمار الأوراق معنوياً بطرائق الإلقاح الثلاثة تلاه استعمار الساق فالجذور، في حين لم يسجل أي فروقات معنوية بين طرائق الإلقاح الثلاثة بعد 30 يوماً من الإلقاح. وأظهر تفاعل العوامل كذلك فروقاً معنوية بين نسب استعمار أجزاء النبات المختلفة وتقنيات الإلقاح الثلاثة (جدول 3).

عند استخدام العزلة b8 وبالنسبة لتقنيات الإلقاح، تفوقت طريقة الرش الورقي معنوياً بمتوسط نسبة استعمار 77.80% لمجموع أجزاء النبات تلتها تقنية حقن الساق 67.80% مع الإشارة إلى أن الفروق كانت ظاهرية بين هاتين التقنيتين، وكانت تقنية غمس الجذور أقلها كفاءة (58.03%). أما بالنسبة لاستعمار أجزاء النبات المختلفة فقد تبين عدم وجود فروق معنوية بين معاملتي الرش على الأوراق وحقن الساق حيث سجلتا نسبة استعمار 81.48 و 70.37%، على التوالي، وقد تفوقتا معنوياً على معاملة غمس الجذور التي سجلت نسبة استعمار 51.87%. أما بالنسبة للتفاعل بين المعاملات فقد أظهرت النتائج أن أفضل نتيجة كانت في معاملة رشّ الأوراق وسجلت 96.30% (جدول 2). وفي التقييم الأخير للإلقاح بعد 45 يوماً استمرت الفروقات المعنوية بين نسب استعمار أجزاء النبات المختلفة بطرق الإلقاح الثلاثة للعزلة b8، حيث تفوقت طريقة الرشّ الورقي على بقية المعاملات وسجلت 82.72%، تلتها الساق بنسبة 65.43%، وبتفوق معنوي على الجذر الذي سجل 43.21%. كما تفوقت تقنية رشّ الأوراق وحقن الساق معنوياً على طريقة غمس الجذور بمتوسط نسب استعمار 76.55، 69.14 و 45.68%، على التوالي. كذلك سجل التفاعل بينها فروقاً معنوية لدى العزلة b8 حيث تفوقت معاملة الرش على الأوراق معنوياً على بقية المعاملات وسجلت 96.30%. في حين لم يسجل أي فرق معنوي بين متوسط نسب استعمار التقنيات الثلاثة لدى العزلة b10. أما بالنسبة للأجزاء النباتية، فقد تفوقت معاملة الرش على الأوراق معنوياً على بقية المعاملات وسجلت 81.48%، تلتها معاملة الساق بنسبة 64.2%، في حين كانت 48.15% في معاملة الجذور، وكذلك سجل التفاعل بينها فروقاً معنوية لدى العزلة b10 (جدول 2). بناءً على ما سبق، فقد نجحت عزلتا الفطر *B. bassiana* (b8 و b10)، في استعمار نباتات البندورة/الطماطم لمدة تزيد عن 45 يوماً، وكانت طريقة الرش الورقي الأكثر كفاءة نسبياً مقارنةً بالطريقتين الأخريتين خلال مواعيد التقييم الثلاثة، وكانت الأوراق الأكثر استعماراً في النبات بالتقنيات الثلاثة للعزلتين المدروستين كلتيهما.

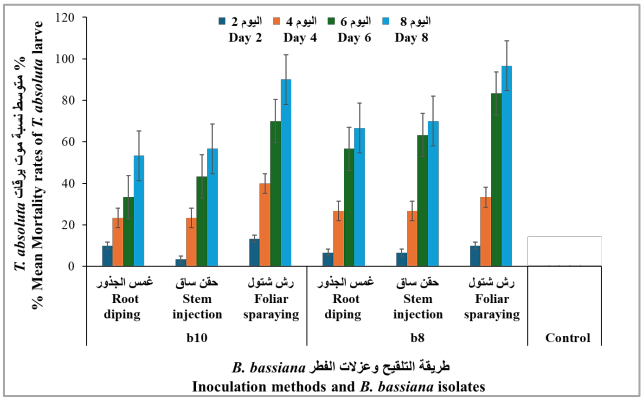
تأثير الإلقاح بعزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10) في نمو نباتات البندورة/الطماطم

أظهرت النتائج (جدول 3) وجود تأثيرٍ إيجابي في مؤشرات نمو نباتات البندورة/الطماطم المدروسة (طول النبات، الوزن الرطب والوزن الجاف) بوجود عزلتي الفطر *B. bassiana* داخل النبات في نهاية التجربة بالطرائق المذكورة أعلاه. بلغ معدل الزيادة في طول النباتات المسجل لدى معاملة الرش الورقي 46.22 سم متفوقاً معنوياً عن معاملة حقن

الساق (41.55 سم)، في حين لم تسجل الأطوال في معاملة غمس الجذور (43.67 سم) فرقاً معنوياً مع معاملة الرش الورقي ولا مع معاملة الشاهد. كما لم يسجل فرق معنوي لطول النباتات بين العزلة b10 وكل من العزلة b8 والشاهد حيث سجلت 45.78، 44.11 و 41.55 سم، على التوالي، بينما وجد فرق معنوي بين العزلة b8 والشاهد. ولدى متابعة التفاعل بين تقنيات الإلقاح وأجزاء النبات فقد أظهرت النتائج تفوق معاملة رش الأوراق بالعزلة b8 حيث بلغ طول النبات 48 سم. كذلك الأمر بالنسبة للوزن الرطب، حيث لم تسجل فروقاً معنوية بين العزلة b10 وكل من العزلة b8 والشاهد، حيث بلغ متوسط الوزن الرطب 270.38، 253.08 و 225.86 غ، على التوالي، وكان هناك فرقاً معنوياً بين العزلة b8 والشاهد فقط. من جهة أخرى فقد تفوقت معاملة الرش الورقي معنوياً على حقن الساق وكانت متوسطات الأوزان المسجلة للوزن الرطب لكل منها 271.59 و 230.91 غ، على التوالي، في حين لم يكن بينها وبين معاملة غمس الجذور فرقاً معنوياً والتي بلغت 246.81 غ، وبتفوق معنوي عن معاملة حقن الساق. أما بالنسبة للتفاعل بين العوامل فقد أظهرت النتائج تفوق معاملة رش الأوراق بالعزلة b8 حيث بلغت 292.22 غ. وأظهرت قراءات الوزن الجاف تفوق كل من العزلتين b8 و b10 معنوياً وكانت الفروق بينهما ظاهرية، على معاملة الشاهد وكان متوسط الوزن الجاف لطرائق الإلقاح الثلاثة 50.25، 47.04 و 41.33 غ، على التوالي. كما تفوقت معاملة الرش الورقي معنوياً على كلٍ من معاملة غمس الجذور وحقن الساق اللتين كانت الفروق بينهما ظاهرية، وبلغ متوسط الوزن الجاف لها 49.96، 44.34 و 44.32 غ، على التوالي. كذلك لدى متابعة التفاعل بين العوامل فقد تبين تفوق معاملة رش الأوراق بالعزلة b8 وبلغ الوزن الجاف لها 56.57غ (جدول 3).

تأثير النباتات المستعمرة داخليا بالفطر *B. bassiana* في نسبة موت يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*T. absoluta*)

إن تحليل التباين لتأثير طرائق الإلقاح المتبعة وعزلتي الفطر (b8 و b10) والشاهد، في نسب موت يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم خلال 2، 4، 6 و 8 يوماً لم يظهر فرقاً معنوياً خلال اليومين الثاني والرابع للقراءة بين طرق الإلقاح الثلاثة. سببت العزلة b10 موتاً بنسبة 40%، والعزلة b8 بنسبة 33.33% في معاملة الرش الورقي، وكانتا أعلى نسبتين مسجلتين في اليوم الرابع (جدول 4)، أما في اليومين السادس والثامن فقد تفوقت طريقة الإلقاح بالرش الورقي معنوياً على طريقتي حقن الساق وغمس الجذور في اليوم السادس واليوم الثامن، وكذلك تفوقت عزلتي الفطر على الشاهد معنوياً دون تسجيل فرق بين العزلتين في اليوم السادس وفي اليوم الثامن. تفاوتت نسب موت اليرقات بين طرق الإلقاح الثلاثة فكانت 96.67 للعزلة b8 و 90% للعزلة b10 بطريقة الرش الورقي، 70 و56.67%، على التوالي، بطريقة حقن الساق، 70 و 53.33%، على التوالي، بطريقة غمس الجذور، في اليوم الأخير للتجربة (جدول 4). ويبين شكل 1 فاعلية طريقة الإلقاح بالرش الورقي على طريقتي حقن الساق وغمس الجذور، اللتين كانتا متقاربتين في التأثير على يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم خلال كافة أيام التجربة تقريباً ولعزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10) كلتيهما.



شكل 1. متوسط النسبة المئوية وأشرطة الخطأ القياسي لموت يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم بالعمر الثالث نتيجة التغذية على أوراق بندورة/طماطم ملقحة بعزلتي الفطر *B. bassiana*.

Figure 1. Mortality and standard error bars of third-instar tomato leaf miner larvae that feeding on tomato leaves inoculated with b8 and b10 isolates of the fungus *B. bassiana*.

المناقشة

أشارت العديد من الأبحاث السابقة بأن الفطور الممرضة للحشرات يمكنها أن تكون فطوراً داخلية (Endophytes)، ونجح إلقاحها صناعياً في العديد من المحاصيل الزراعية المهمة اقتصادياً ومنها البندورة/الطماطم (Dash *et al.*, 2018؛ Jaber & Ownley, 2018؛ Qayyum *et al.*, 2015؛ Russo *et al.*, 2018). أظهرت نتائج هذه الدراسة قدرة عزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10) المحليتان على استعمار أوراق وسوق وجذور نباتات البندورة/الطماطم داخلياً، باستخدام ثلاث طرائق إلقاح مختلفة (رش الأوراق، حقن الساق وغمس الجذور)، إلا أن النسبة المئوية لاستعمار أنسجة البندورة/الطماطم اختلفت باختلاف طريقة الإلقاح، والمدة الزمنية بعد الإلقاح، واختلاف العزلة الفطرية، وكانت الأوراق هي الجزء الأكثر استعماراً خلال مواعيد التقييم (بعد 15 ، 30 و 45 يوم من الإلقاح) وبالطرائق الثلاثة، وتتوافق هذه النتائج مع ما نشر سابقاً (Agbessenou *et al.*, 2020؛ Allegrucci *et al.*, 2017؛ Ibrahim *et al.*, 2021؛ Klieber & Reineke, 2016؛ Tasci & Mustu, 2023؛ Silva *et al.*, 2020؛ Wakil *et al.*, 2024). بينت دراسة لتقييم

الاستعمار الداخلي لخمسة أنواع من الفطور الممرضة للحشرات لنباتات البندورة/الطماطم، أن الطريقة الأكثر كفاءة لاستعمار النباتات بالفطر *B. bassiana* هي رشّ المجموع الورقي، وبالفطرين *M. flavoviride* و *M. rileyi* طريقة غمس الجذور، وبالفطرين *M. anisopliae* و *C. fumosorosea* طريقة تغليف البذور (Zheng *et al.*, 2023). لقد أكدت الدراسات المذكورة اختلافات كبيرة في معدلات استعمار أجزاء النبات المختلفة باختلاف طريقة الإلقاح بالفطر الممرض للحشرات، واختلاف الأنواع النباتية والعزلات الفطرية، والوقت المنقضي بعد الإلقاح، وكذلك تركيز الفطر المستخدم في الإلقاح. كان لاستعمار نباتات البندورة/الطماطم بالفطر *B. bassiana* أثرٌ إيجابي في مؤشرات نمو النباتات، ولقد بينت العديد من الدراسات التأثير الإيجابي للتعايش الداخلي لأنواع مختلفة من الفطور في تطور ونمو العديد من النباتات المضيفة بما في ذلك البندورة/الطماطم (Elena *et al.*, 2011؛ Dash *et al.*, 2018؛ Liu *et al.*, 2022؛ Russo *et al.*, 2018؛ Sani *et al.*, 2023؛ Wei *et al.*, 2020). وهذا ما أكدته النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة، إذ أدت عملية إلقاح نباتات البندورة/الطماطم بعزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10)، إلى زيادة في طول النبات، وكذلك زيادة في الوزن الرطب والجاف مقارنة مع نباتات الشاهد. وعندما قام Zheng *et al.* (2023) بإلقاح نباتات البندورة/الطماطم بخمسة أنواع مختلفة من الفطور الممرضة للحشرات، ومن بينها الفطر *B. bassiana*، أكدوا أن جميع الأنواع المدروسة عززت من نمو النباتات مقارنة بالشاهد غير الملقح، وقد يكون تعزيز النمو في النباتات المستعمرة بسبب إنتاج مواد نشطة حيوياً من قبل أنواع الجنس *Beauveria* (Jaber & Ownley, 2018).

جدول 3. الطول والوزن الرطب والجاف لنباتات البندورة/الطماطم بعد إلقاحها بالعزلتين b8 و b10 من الفطر *B. bassiana* في نهاية التجربة.
Table 3. The height and fresh and dry weight of tomato plants after inoculation with b10 and b8 isolates of the fungus *B. bassiana* at the end of the experiment.

الوزن الجاف للنبات (غ) Plant dry weight (g)				الوزن الرطب للنبات (غ) Plant fresh weight (g)				طول النبات (سم) Plant height (cm)				المعاملة
المتوسط Mean	شاهد Control	b10	b8	المتوسط Mean	شاهد Control	b10	b8	المتوسط Mean	شاهد Control	b10	b8	Treatments
44.3 b	40.9	45.4	46.7	246.8 ab	218.8	253.1	268.6	43.7 ab	41.3	43.7	46.0	غمس جذور Root dipping
44.3 b	40.2	45.4	47.5	230.9 b	215.7	226.7	250.3	41.5 b	40.3	41.0	43.3	حقن ساق Stem injection
50.0 a	42.9	50.4	56.6	271.6 a	243.1	279.5	292.2	46.2 a	43.0	47.7	48.0	رش شتول Foliar spraying
	41.3 b	47.0 a	50.3 a		225.9 b	253.1 ab	270.4 a		41.5 b	44.1 ab	45.8 a	المتوسط Mean

القيم التي يتبعها حروف متشابهة ضمن العمود الواحد تدل على عدم وجود فرق معنوي بين المعاملات عند مستوى معنوية 5%
Means followed by the same small letters in the same column are not significantly different at P=0.05.

جدول 4. متوسط النسب المئوية لموت يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم (± الخطأ القياسي) نتيجة تعرضها لأوراق البندورة/الطماطم الملقحة بالعزلتين b10 و b8 من القطر *B. bassiana* بطرائق مختلفة وقيم انحرافها المعياري.
Table 4. Mean Mortality rates (± SE) of *T. absoluta* larvae fed on inoculated tomato leaves with b10 and b8 isolates of *B. bassiana* fungus using different techniques and their standard error deviation values.

المدّة الزمنية بعد المعاملة (يوم) Time period after treatment (days)								المعاملة
8		6		4		2		
b10	b8	b10	b8	b10	b8	b10	b8	Treatment
53.3±4.7	66.7±17.0	33.3±4.7	56.7±17.0	23.3±4.7	26.7±18.9	10.0±8.2	6.67±9.4	غمس الجذور Root dipping
56.7±12.5	70.0±16.3	43.3±4.7	63.3±17.0	23.3±4.7	26.7±17.0	3.33±4.7	6.67±9.4	حقن ساق Stem injection
90.2±4.7	96.7±4.7	70.0±8.2	83.3±4.7	40.0±8.2	33.3±12.5	13.33±4.7	10.0±0.0	رش شتول Foliar spraying
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	الشاهد Control

تبرز أهمية الاستعمار الداخلي للنباتات بالفطور الممرضة للحشرات، من خلال الدور الذي تلعبه في السيطرة على العديد من الآفات الضارة ومن بينها حافرة أوراق البندورة/الطماطم، فقد بينت نتائج هذه الدراسة ارتفاعاً ملحوظاً لنسب موت يرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم نتيجة تغذيتها على أوراق ملقحة بعزلتي الفطر *B. bassiana* (b8 و b10)، وبطرائق الإلقاح الثلاثة، وقد أظهرت دراسات سابقة أن الفطر *B. bassiana* كان قادراً على استعمار نباتات البندورة/الطماطم والباذنجان وحقق حماية النباتات من الإصابة بحافرة أوراق البندورة/الطماطم (Agbessenou *et al.*, 2020)، كما ذكر Allegrucci *et al.* (2017) حدوث نسبة موت عالية ليرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم نتيجة التغذية على نباتات بندورة ملقحة بالفطر *B. bassiana* ، كما حصل Tasci & Mustu (2023) على أعلى معدل موت ليرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم في معاملة إلقاح النباتات عن طريق البذار بالفطر *B. bassiana*. وكذلك ذكر Zheng *et al.* (2023) أن الاستعمار الداخلي لنباتات البندورة/الطماطم بالفطور الممرضة للحشرات أثر سلباً على أداء وجداول حياة حافرة أوراق البندورة/الطماطم، وقد يعود هذا التفاوت في التأثير إلى اختلاف طرائق التطبيق والسلالات المختلفة المستخدمة في تلك الدراسات (Mantzoukas & Eliopoulous, 2020).

نستنتج مما سبق أن العزلتان المحليتان (b8 و b10) من الفطر *B. bassiana* تمكنتا من استعمار كامل أجزاء نبات البندورة/الطماطم بنسب متفاوتة بعد إلقاحها إما عن طريقة الرش الورقي أو حقن الساق أو غمس الجذور، وقد حققت طريقة الرش الورقي أعلى نسب استعمار للنباتات لدى العزلتين، تلتها طريقتا غمس الجذور فحقن الساق، وعزز وجود الفطر ضمن النبات من نمو النباتات وكذلك سبب موتاً ليرقات حافرة أوراق البندورة/الطماطم بنسبة 96.67% في معاملة الرش الورقي. بناءً عليه، يعدّ استعمار البندورة/الطماطم بالفطر *B. bassiana* طريقة واعدة للسيطرة على حافرة أوراق البندورة/الطماطم (*T. absoluta*)، وبخاصةٍ أن استمرارية وجود الفطر ضمن النباتات بنسبة مرتفعة في الأوراق تعدّ مؤشراً جيداً لمثابرة الفطر ضمن النبات خلال مراحل نموه مما يحقق فعالية أعلى لعملية مكافحة الآفات، وكانت هذه المدة المسجلة في هذه الدراسة أعلى من المدة التي سجلتها الدراسات السابقة للفطر نفسه وعلى النبات ذاته. لذا يمكن أن نوصي باستخدام هاتين العزلتين من فطر *B. bassiana* لتحسين نمو النبات والسيطرة على الإصابة بحشرة *T. absoluta*.

Abstract

Haj Hasan, A., M. Ahmad, O. Hammoudi and M. Moflih. 2025. Influence of Endophytic Colonization of Tomato Plants with Two Local Isolates of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* by Using Three Different Inoculation Techniques, and Their Effect in Controlling Tomato Leaf Miner Larvae, *Tuta absoluta* and on plant growth. Arab Journal of Plant Protection, 43(4):506-516. https://doi.org/10.22268/AJPP-001350

This study was conducted to evaluate the effect of the endophytic colonization of tomato plants with two local isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, b8 isolate obtained from the pupa of the palm weevil, and b10 isolate, obtained from the soil of a citrus orchard in Latakia Governorate, Syria, and their effect on the growth of tomato plants and in controlling the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera Gelechiidae) using three different inoculation techniques: foliar spray, stem injection and root dipping. The effects were assessed 15, 30, and 45 days after inoculation. The results obtained showed that the ability of the two isolates (b8 and b10) of the fungus *B. bassiana* to colonize internally the leaves, stems and roots of tomato plants by using the three inoculation methods. However, the colonization rate (%) of tomato tissues differed according to the method of inoculation, the period after inoculation, and the isolate type. The highest colonization rate recorded by foliar spray technique and reached 100% 15 days after inoculation with the b8 isolate, and 85.19% at 30 days after inoculation with the b10 isolate by the stem injection technique, and 92.59% at 30 days after inoculation with the same isolate by root dipping technique. Leaves were the most colonized part of the plant at all evaluation dates (15, 30 and 45 days after inoculation), and by the three techniques. The inoculation of tomato plants with b8 and b10 isolates of the fungus *B. bassiana* led to an increase in plant height as well as an increase in wet and dry weight compared with the control plants. The results showed a significant increase in the mortality rates of tomato leaf miner larvae as a result of their feeding on leaves inoculated with the two isolates of the fungus *B. bassiana* (b8 and b10), and by the three inoculation techniques. The recorded mortality rate of b8 isolate infection was 96.67% and 90% of b10 isolate infection, eight days after inoculation by the foliar spray technique. However, the recorded mortality rate by stem injection and root dipping techniques were relatively lower, 70 and 70% for b8 isolate and 56.67 and 53.33% for b10 isolate, by the two techniques, respectively.

Keywords: Endophytic colonization, *Tuta absoluta,* entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*.

Affiliation of authors: *A. Haj Hasan[1,2*], M. Ahmad[1], O. Hammoudi[2] and M. Moflih[2]. (1) Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Latakia University, Latakia, Syria; (2) General Authority of Agricultural Scientific Research, Damascus, Syria. *Email address of the corresponding author: amal.haj@gmail.com*

المراجع

أحمد، محمد، عمر حمودي، ماجدة مفلح وامل حاج حسن. 2023. تقييم فاعلية عدة عزلات محلية من الفطر الممرض للحشرات *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. في السيطرة على يرقات حافرة أوراق البندورة *Tuta absoluta* (Meyrick). مجلة جامعة تشرين- العلوم البيولوجية، 54(3):287-302.

References

*[**Ahmad, M., O. Hamodi, M. Mofleh and A. Haj Hassan.** 2023. The efficacy of some local isolates of the fungus*

Research, 217:34-50. https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.08.016

Biondi, A., R.N.C. Guedes, F.-H. Wan and N. Desneux. 2018. Ecology, worldwide spread, and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: past, present, and future. Annual Review of Entomology, 63:239-258. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-034933

Branine, M., A. Bazzicalupo and S. Branco. 2019. Biology and applications of endophytic insect pathogenic fungi. PLoS Pathogens, 15:e1007831. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1007831

Canassa, F., S. Tall, R.A. Moral, I.A.R. de Lara, I. Delalibera and N.V. Meyling. 2019. Effects of bean seed treatment by the entomopathogenic fungi *Metarhizium robertsii* and *Beauveria bassiana* on plant growth, spider mite populations and behavior of predatory mites. Biological Control, 132:199-208. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.02.003

Charnley, A.K. and S.A. Collins. 2007. Entomopathogenic fungi and their role in pest control. Pp. 159-187. *In:* Environmental and Microbial Relationships, the Mycota IV. 2nd edition. I.S. Druzhinina and C.P. Kubicek (eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, Germany. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29532-9

Charnley, A.K. 1984. Physiological aspects of destructive pathogenesis in insects by fungi: a speculative view. Pp. 229-270. *In:* Invertebrate-Microbial Interactions. J.M. Anderson, A.D.M. Rayner and D.W.H. Walton (eds.), Cambridge University Press.

Colmenárez, Y.C., C. Vásquez, A.F. Bueno, F. Cantor, E. Hidalgo, N. Corniani and J.J. Lagrava. 2022. Sustainable Management of the Invasive *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae): an Overview of Case Studies From Latin American Countries Participating in Plantwise. Journal of Integrated Pest Management, 13(1):1–16. https://doi.org/10.1093/jipm/pmac012

Dash, C.K., B.S. Bamisile, R. Keppanan, M. Qasim, Y. Lin, S.U. Islam, M. Hussain, L. Wang and K. Ravindran. 2018. Endophytic entomopathogenic fungi enhance the growth of *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) and negatively affect the development and reproduction of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Microbial Pathogens, 125:385-392. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.09.044

Elena, G.J., P.J. Beatriz, P. Alejandro and R. Lecuona. 2011. *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) sorokin promotes growth and has endophytic activity in tomato plants. Advances in Biological Research, 5(1):22–27.

Guedes, R.N.C., E. Roditakis, M.R. Campos, K. Haddi, P. Bielza, H.A.A. Siqueira, A. Tsagkarakou, J. Vontas and R. Nauen. 2019. Insecticide resistance in the tomato pinworm *Tuta absoluta*: patterns, spread, mechanisms, management and outlook. Journal of Pest Science, 92:1329-1342. https://doi.org/10.1007/s10340-019-01086-9

Humber, R.A. 2012. Identification of entomopathogenic fungi. Pp. 151-187. *In:* Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. L.A. Lacey (eds.). Elsevier, Washington, USA. https://doi.org/10.1016/C2010-0-66784-8

Beauveria bassiana (Bals.) Vuil. on controlling tomato leaf miner, Tuta absoluta (Meyrick) Larvae. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series, 54(3):287-302. (In: Arabic)].

السعود، نسرين، دمر نمور وعلي ياسين. 2018. تقويم الإلقاح بعزلات محلية من الفطر *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. في مكافحة فراشة درنات البطاطا/البطاطس *Phthorimaea operculella* (Zeller) في الحقل. مجلة وقاية النبات العربية، 36(2):126-136.

*[**Al-Saoud, N., D. Nammour and A.Y. Ali.** 2018. Evaluation of inoculation with local isolates of Beauveria bassiana on the potato tuber moth, Phthorimaea operculella (Zeller) in the field. Arab Journal of Plant Protection, 36(2): 126-134. (In: Arabic)].*

العيسى، زياد، عبد الناصر تريسي، فاتح خطيب ومصطفى البوحسيني. 2017. فاعلية الفطر *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill. الممرض للحشرات إزاء حشرة حافرة أوراق البندورة/الطماطم *Tuta absoluta* (Meyrick). مجلة وقاية النبات العربية، 35(2):103-109.

*[**Al Eisa, Z., A.N. Trissi, F. Khatib and M. El Bouhssini.** 2017. Virulence of the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana against the tomato leaf miner Tuta absoluta (Meyrick). Arab Journal of Plant Protection, 35(2):103-109. (In: Arabic)].*

Agbessenou, A., K.S. Akutse, A.A. Yusuf, S. Ekesi, S. Subramanian and F.M. Khamis.2020. Endophytic fungi protect tomato and nightshade plants against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) through a hidden friendship and cryptic battle. Scientific Report, 10:22195. https://doi.org/10.1038/s41598-020-78898-8

Allegrucci, N., M.S. Velazquez, M.L. Russo, E. Perez and A.C. Scorsetti. 2017. Endophytic colonization of tomato by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: the use of different inoculation techniques and their effects on the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Plant Protection Research, 57(4):205-211. https://doi.org/10.1515/jppr-2017-0045

Aynalem, B., D. Muleta, J. Venegas and F. Assefa. 2021. Molecular phylogeny and pathogenicity of indigenous *Beauveria bassiana* against the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae), in Ethiopia. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 19(1):127. https://doi.org/10.1186/s43141-021-00227-x

Bacci, L., E.M. da Silva, J.C. Martins, M.A. Soares, M.R. de Campos and M.C. Picanço. 2019. Seasonal variation in natural mortality factors of *Tuta absoluta* (Lepidoptera:Gelechiidae) in open-field tomato cultivation. Journal of Applied Entomology, 143(1-2):21-33. https://doi.org/10.1111/jen.12567

Bamisile, B., C.K. Dash, K. Akutse, R. Keppanan, O.G. Afolabi, M. Hussain, M. Qasim and L. Wang. 2018. Prospects of endophytic fungal entomopathogens as biocontrol and plant growth promoting agents: An insight on how artificial inoculation methods affect endophytic colonization of host plants. Microbiology

Pandey, M., N. Bhattarai, P. Pandey, P. Chaudhary, D.R. Katuwal and D. Khanal. 2023. A review on biology and possible management strategies of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick), Lepidoptera: Gelechiidae in Nepal. Heliyon, 9:e16474. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16474

Parsa, S., V. Ortiz and F.E. Vega. 2013. Establishing fungal entomopathogens as endophytes: Towards endophytic biological control. Journal of Visualized Experiments, 74:e50360. https://doi.org/10.3791/50360

Petrini O. and P.J. Fisher. 1986. Fungal endophytes in *Salicornia perennis*. Transactions of the British Mycological Society, 87(4):647-651. https://doi.org/10.1016/S0007-1536(86)80109-7

Poinar, J.R. and G.O. Thomas.1984. Laboratory Guide to Insect Pathogens and Parasites. Plenum Press, New York. 408pp. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8544-8

Posada, F., M.C. Aime, S.W. Peterson, S.A. Rehner and F.E. Vega. 2007. Inoculation of coffee plants with the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). Mycological Research, 111:748-757. https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.03.006

Qayyum, M.A., W. Wakil, M.J. Arif, S.T. Sahi and C.A. Dunlap. 2015. Infection of *Helicoverpa armigera* by endophytic *Beauveria bassiana* colonizing tomato plants. Biological Control, 90:200-207. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.04.005

Rajab, L., M. Ahmad and E. Gazal. 2020. Endophytic establishment of the fungal entomopathogen, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil., in cucumber plants. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 30:143. https://doi.org/10.1186/s41938-020-00344-8

Rasool, S., P.D. Cárdenas, D.I. Pattison, B. Jensen and N.V. Meyling. 2021. Isolate-specific effect of entomopathogenic endophytic fungi on population growth of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) and levels of steroidal glycoalkaloids in tomato. Journal of Chemical Ecology, 47(4-5):476-488. https://doi.org/10.1007/s10886-021-01265-y

Rodríguez, M., M. Gerding and A. France. 2006. Efectividad de aislamientos de hongos entomopatógenos sobre larvas de polilla del tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera:Gelechiidae). Agricultura Técnica, 66(2):159-165. https://doi.org/10.4067/S0365-28072006000200006

Russo, M.L., S. Pelizza, M. Vianna, N. Allegrucci, M.N. Cabello, A.V. Toledo, C. Mourelos and A.C. Scorsetti. 2018. Effect of endophytic entomopathogenic fungi on soybean *Glycine max* (L.) Merr. growth and yield. Journal of King Saud University-Science, 31(4):728-736. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.04.008

Samson, R.A. 1981. Identification of entomopathogenic Deuteromycetes. Pp. 93-106. *In:* Microbial Control of Pests and Plant Disease 1970-1980. H.D. Burges (ed.). Academic Press, London. https://doi.org/10.1007/BF02371945

Ibrahim, L., N. Ezzeddine and S.K. Ibrahim. 2021. Response of *Tuta absoluta* to Endophytic Fungal Entomopathogens in Tomato. Lebanese Science Journal, 22(1):68-81. https://doi.org/10.22453/LSJ-022.1.068-081

Jaber, L.R. and S.E. Araj. 2018. Interactions among endophytic fungal entomopathogens (Ascomycota: Hypocreales), the green peach aphid *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae), and the aphid endoparasitoid Aphidius colemani Viereck (Hymenoptera: Braconidae). Biological Control, 116:53-61. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.04.005

Jaber, L.R. and B.H. Ownley. 2018. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? Biological Control, 116:36-45. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.018

Karaca G., B.A. Erol, A.C. Ciggin, H. Acarbulut and I. Karaca. 2022. Efficacy of some entomopathogenic fungi against tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera:Gelechiidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 32:84. https://doi.org/10.1186/s41938-022-00577-9

Klieber, J. and A. Reineke. 2016. The entomopathogen *Beauveria bassiana* has epiphytic and endophytic activity against the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. Journal of Applied Entomology, 140(8):580-589. https://doi.org/10.1111/jen.12287

Lacey, L.A. 2012. Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. Second edition. Elsevier Ltd, USA. 513 pp.

Lindow, S. 2006. Phyllosphere microbiology: a perspective. Pp. 37-50. *In:* Microbial Ecology of Aerial Plant Surfaces. M.J. Bailey, A.K. Lilley, T.M. Timms-Wilson and P.T.N. Spencer-Phillips (eds.), CAB International, Wallingford, UK. https://doi.org/10.1079/9781845930615.0001

Liu, Y., Y. Yang and B. Wang. 2022. Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* play roles of maize (*Zea mays*) growth promoter. Scientific Report, 12:15706. https://doi.org/10.1038/s41598-022-19899-7

Maina, U.M, I.B. Galadima, F.M. Gambo and D. Zakaria. 2018. A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. Journal of Entomological and Zoological Studies, 6(1):27–32.

Mantzoukas, S. and P.A. Eliopoulos. 2020. Endophytic entomopathogenic fungi: A valuable biological control tool against plant pests. Applied Sciences, 10(1):1-13. https://doi.org/10.3390/app10010360

Nayana B.P. and C.M. Kalleshwaraswamy. 2015. Biology and external morphology of invasive tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Pest Management in Horticultural Ecosystems, 21(2):169-174.

Ownley, B.H., K.D. Gwinn and F.E. Vega. 2010. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: Ecology and evolution. BioControl, 55:113-128. https://doi.org/10.1007/s10526-009-9241-x

Tall, S. and N.V. Meyling. 2018. Probiotics for plants? Growth promotion by the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana depends on nutrient availability. Microbial Ecology, 76(4):1002-1008. https://doi.org/10.1007/s00248-018-1180-6

Tasci, D.Z. and M. Mustu. 2023. Endophytic colonization of two entomopathogenic fungi on tomato plant and their mortality effects against the south American tomato pinworm, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Current Trends in Natural Sciences, 12(24):17-24. https://doi.org/10.47068/ctns.2023.v12i24.002

Vega, F.E. 2018. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: A review. Mycologia, 110(1):4-30. https://doi.org/10.1080/00275514.2017.1418578

Wakil, W., M.C. Boukouvala, N.G. Kavallieratos, A. Naeem, M.U. Ghazanfar and S.S. Alhewairini.2024. Impact of three entomopathogenic fungal isolates on the growth of tomato plants-ectoapplication to explore their effect on *Tetranychus urticae.* Agronomy, 14(4):665. https://doi.org/10.3390/agronomy14040665

Wei, Q.Y., Y.Y. Li, C. Xu, Y.X. Wu, Y.R. Zhang, H. Liu. 2020. Endophytic colonization by *Beauveria bassiana* increases the resistance of tomatoes against *Bemisia tabaci*. Arthropod Plant Interaction, 14:289-300. https://doi.org/10.1007/s11829-020-09746-9

Zheng, Y., Y. Liu, J. Zhang, X. Liu, Z. Ju, H. Shi, A. Mendoza-Mendoza and W. Zhou. 2023. Dual role of endophytic entomopathogenic fungi: induce plant growth and control tomato leafminer *Phthorimaea absoluta*. Pest Management Science, 79(11):4557-4568. https://doi.org/10.1002/ps.7657

Zimmermann, G. 1986. The 'Galleria bait method' for detection of entomopathogenic fungi in soil. Journal of Applied Entomology, 102(1-5):213-215.

Sánchez-Rodríguez, A.R., S. Raya-Díaz, Á.M. Zamarreno, J.M. García-Mina, M.C. del Campillo and E. Quesada Moraga. 2018. An endophytic *Beauveria bassiana* strain increases spike production in bread and durum wheat plants and effectively controls cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*) larvae. Biological Control, 116:90-102. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.012

Sani, I, S. Jamian, N. Saad, S. Abdullah, E. Mohd Hata, J. Jalinas and S.I. Ismail. 2023. Inoculation and colonization of the entomopathogenic fungi, *Isaria javanica* and *Purpureocillium lilacinum*, in tomato plants, and their effect on seedling growth, mortality and adult emergence of *Bemisiatabaci* (Gennadius). PLoS ONE, 18(5):e0285666. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285666

Sasan, R.K. and M.J. Bidochka. 2012. The insect-pathogenic fungus *Metarhizium robertsii* (Clavicipitaceae) is also an endophyte that stimulates plant root development. American Journal of Botany, 99(1):101-107. https://doi.org/10.3732/ajb.1100136

Saunders, M., A.E. Glenn and L.M. Kohn. 2010. Exploring the evolutionary ecology of fungal endophytes in agricultural systems: using functional traits to reveal mechanisms in community processes. Evolutionary Applications, 3(5-6):525-337. https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00141.x

Silva, G.A., M.C. Picanço, L. Bacci, A.L.B. Crespo, J.F. Rosado and R.N.C. Guedes. 2011. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. Pest Management Science, 67(8):913-920. https://doi.org/10.1002/ps.2131

Silva, A.C.L., G.A. Silva, P.H.N. Abib, A.T. Carolino and R.I. Samuels. 2020. Endophytic colonization of tomato plants by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for controlling the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*. CABI Agriculture and Bioscience, 1(1):1-9. https://doi.org/10.1186/s43170-020-00002-x

Received: May 29, 2024; Accepted: August 8, 2024

تاريخ الاستلام: 2024/5/29؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2024/8/8